



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 40 744 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**F 03 D 1/06**

⑳ Aktenzeichen: P 44 40 744.0  
㉔ Anmeldetag: 15. 11. 94  
㉕ Offenlegungstag: 23. 5. 98

**DE 44 40 744 A 1**

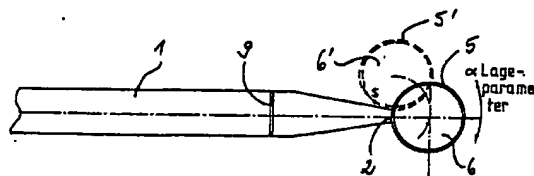
⑦① Anmelder:  
Frieden, Peter, 50374 Erftstadt, DE

⑦④ Vertreter:  
Leineweber, J., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 50859 Köln

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤④ Rotorblatt eines Rotors für Windkraftanlagen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Rotorblatt (1) eines Rotors für Windkraftanlagen; um Geräuschenstehungsmechanismen zu unterdrücken, wird vorgeschlagen, daß im Bereich der Blattspitze (2) des Rotorblattes (1) eine nahezu oder vollständig ummantelte Fläche (6, 6') vorhanden ist, welche derart angeordnet und ausgebildet ist, daß sie von der anströmenden Luft durchströmt wird, ohne einen nennenswerten zusätzlichen Luftwiderstand zu erzeugen.



**DE 44 40 744 A 1**

## DE 44 40 744 A1

1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Rotorblatt eines Rotors für Windkraftanlagen.

Bei der aktuellen technologischen Verbesserung und Weiterentwicklung von modernen Windkraftanlagen (WKA) bestehen die wesentlichen Zielsetzungen darin, einerseits die Wirtschaftlichkeit zu verbessern, andererseits die Umweltbeeinflussung und dabei insbesondere die Geräuschemission zu minimieren.

Die Wirtschaftlichkeit einer WKA hängt in großem Maße von der spezifischen Turmkopfmasse (kg/installiertes kW) ab. Langsamlaufende Windrotoren erzeugen hohe Drehmomente und benötigen entsprechend steife und schwere Bauteile, insbesondere Getriebe mit hohem Übersetzungsverhältnis und/oder entsprechend aufwendige langsamlaufende Generatoren. Von daher liegt es auf der Hand, die Auslegungsdrehzahlen bzw. die Umfangsgeschwindigkeiten von modernen WKA-Rotoren so hoch wie möglich anzusetzen.

Dem steht entgegen, daß mit steigender Umfangsgeschwindigkeit die aerodynamische Geräuschemission an den Rotorblättern zunimmt. Während beim Stand der Technik alle übrigen Maschinengeräusche durch Maßnahmen wie Präzisionsverzahnung, Körperschallentkopplung und Kapselung etc. inzwischen gut beherrschbar geworden sind, bilden die aerodynamisch bedingten Geräusche am Rotor und insbesondere an den Blattspitzen ein nach wie vor schwer beherrschbares Problem.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, durch eine besondere geometrische Gestaltung der Blattspitzen die dort besonders intensiv wirkenden Geräuschemissionsmechanismen soweit wie möglich zu unterdrücken.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß im Bereich der Blattspitze des Rotorblattes eine nahezu oder vollständig ummantelte Fläche vorhanden ist, welche derart angeordnet und ausgebildet ist, daß sie von der anströmenden Luft durchströmt wird, ohne einen nennenswerten zusätzlichen Luftwiderstand zu erzeugen. Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß in den Randwirbel, der sich bekanntermaßen durch den Druckunterschied zwischen Flügelober- und -unterseite bildet, ein Wirbelkern injiziert wird, dessen Drall konstruktiv vorgegeben werden kann. Wenn die Eintrittsöffnung der ummantelten Fläche, vorzugsweise eine Ringfläche, genügend weit von der Vorderkante des Rotorblattes liegt, wird der Drall innerhalb der Ringfläche praktisch gleich Null.

Weitere Vorteile und Einzelheiten sollen anhand der Figuren bis 5 erläutert werden.

Fig. 1 zeigt den Grundriß eines modernen schnellläufigen Rotorblattes 1 nach dem Stand der Technik sowie den an der Blattspitze 2 erzeugten Randwirbel 3. Wesentliche Anteile der aerodynamischen Geräuschbildung entstehen im Kern dieses Wirbels im unmittelbaren Bereich der Blattspitze 2.

Fig. 2 zeigt einen Blick auf die Profilverderrkante des Tragflügels (Rotorblattes 1). Der Druckunterschied zwischen ProfiOber- und -unterseite gleicht sich am Ende des endlichen Flügels aus und läßt den aus der Flugmechanik bekannten Randwirbel 3 entstehen. Sobald Auftrieb erzeugt wird, kann dieser Wirbel prinzipbedingt nicht verhindert werden, wohl aber kann man versuchen, auf die Drallverteilung innerhalb des Wirbels Einfluß zu nehmen.

Fig. 3 und 4 zeigen eine besonders kostengünstige

2

Möglichkeit der erfindungsgemäßen Blattspitzengestaltung: Ein dünnwandiges Edelstahlrohr 5, welches gleichzeitig auch noch die Funktion eines Blitzableiters übernehmen kann, wird auf die Blattspitze 2 geschraubt. Es bildet eine von der anströmenden Luft durchströmte Ringfläche 6. Rohrdurchmesser D und -länge l sowie der Lageparameter  $\alpha$  und der Abstand x der Rohrmündung von der Flügelhinterkante müssen in ein optimales Verhältnis zur Blattiefe t gebracht werden, um auch hier den oben beschriebenen Optimalkompromiß zu erreichen. Gestrichelt dargestellt und mit 5' und 6' bezeichnet ist eine weitere Lösung. Es handelt sich um eine nicht vollständig ummantelte Ringfläche 6' mit dem Restspalt s und mit einem vom Lageparameter der Ringfläche 6 verschiedenen Lageparameter.

Fig. 5 zeigt, daß als weitere Variable noch der Schrägungswinkel  $\beta$  zwischen der Achse 7 des Rohres 5 und der Profillehne 8 des Rotorblattes 1 hinzukommt.

Das Durcharbeiten einer mehrdimensionalen Matrix von Parameterkombinationen zur Optimierung von Geräusch und Luftwiderstand ist zwar experimentell aufwendig; aus der Literatur sind jedoch Verfahren bekannt, die den natürlichen Evolutionsprozeß nachahmen und mit deren Hilfe man die Optimierung von komplexen Strömungsvorgängen auf einige wenige Schritte abkürzen kann. Eine von mehreren möglichen Optimierungsaufgaben könnte darin bestehen, den Grad der Aufwicklung (Ummantelung) bzw. die Größe eines Restspaltes "s" herauszufinden, bei denen der beste Kompromiß zwischen Geräuschminderung einerseits und Erhöhung des Luftwiderstandes andererseits liegt.

Da bei der heute gängigen Herstellungsweise von Rotorblättern die Ausformung einer speziellen Blattspitzengestaltung kaum praktikabel erscheint, wird weiterhin vorgeschlagen, eine genormte Trennstelle 8 im Bereich der Blattspitze einzuführen (siehe auch Fig. 3 und 4). An diese Trennstelle 8 kann dann ein beliebig kompliziert geformter Körper, der nur noch nach aerodynamischen Kriterien gestaltet wurde (und der separat durch Spritzen oder Gießen etc. hergestellt wurde) angeschraubt werden. Auch hier bietet sich die Möglichkeit an, durch Verwendung von leitendem Material die Blitzschutzfunktion mit zu übernehmen.

## Patentansprüche

1. Rotorblatt (1) eines Rotors für Windkraftanlagen, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Blattspitze (2) des Rotorblattes (1) eine nahezu oder vollständig ummantelte Fläche (6, 6') vorhanden ist, welche derart angeordnet und ausgebildet ist, daß sie von der anströmenden Luft durchströmt wird, ohne einen nennenswerten zusätzlichen Luftwiderstand zu erzeugen.
2. Rotorblatt nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die ummantelte Fläche eine geschlossene Ringfläche (6) ist.
3. Rotorblatt nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die ummantelte Fläche eine nicht vollständig umschlossene Fläche, vorzugsweise eine Ringfläche (6') mit einem Restspalt (5) ist.
4. Rotorblatt nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein von der anströmenden Luft durchströmter, an der Spitze (2) des Rotorblattes (1) befestigter Rohrschnitt (5) mit einem geschlossenen oder bis auf einen Restspalt (s) offenem Mantel die Ringfläche (6, 6') bildet.
5. Rotorblatt nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

## DE 44 40 744 A1

3

4

dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Blattspitze eine Trennstelle (8) vorgesehen ist.

6. Rotorblatt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das die Ringfläche (6, 6') bildende Bauteil (5, 5') aus elektrisch leitendem Material besteht und Blitzschutzfunktion hat.

7. Verfahren zur Optimierung einer Blattspitzengestaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter Form, Größe und/oder Restspalt (s) der Ummantelung variiert werden.

8. Verfahren zur Optimierung einer Blattspitzengestaltung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß Durchmesser (D), Länge (l), Abstand (x) der Ringfläche (6, 6') von der Flügelhinterkante, Lageparameter ( $\alpha$ ), Schräkungswinkel ( $\beta$ ) und/oder Größe des Restspaltes (s) der Ummantelung variiert werden.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Optimierung der Parameter an sich bekannte Verfahren angewendet werden, die natürliche Evolutionsprozesse nachahmen.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

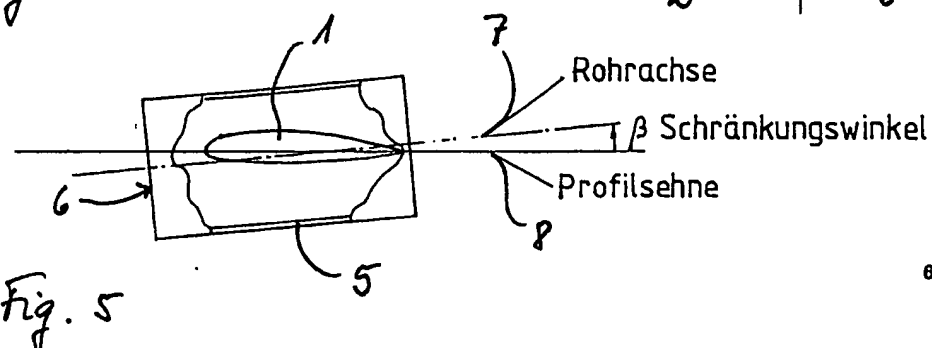
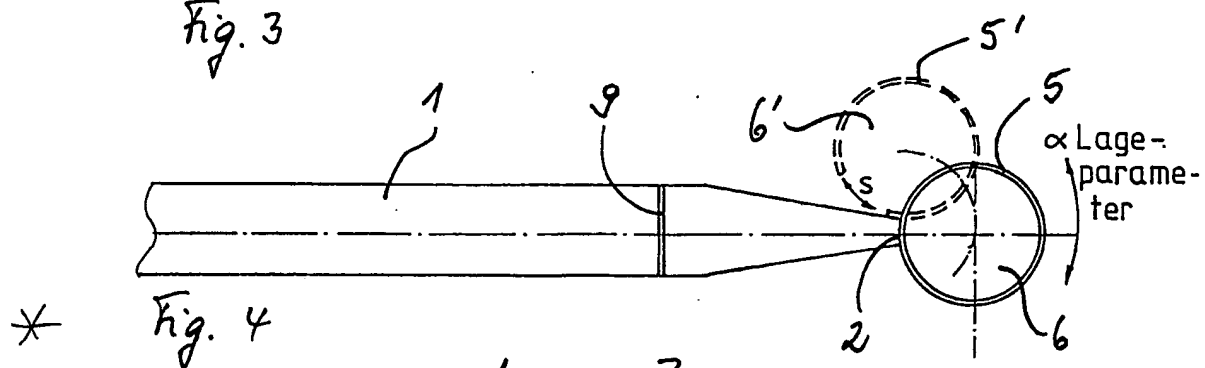
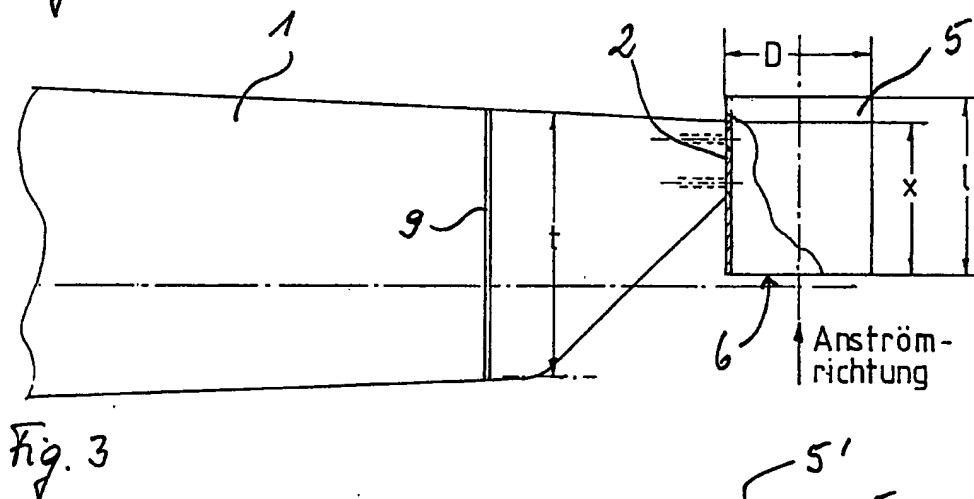
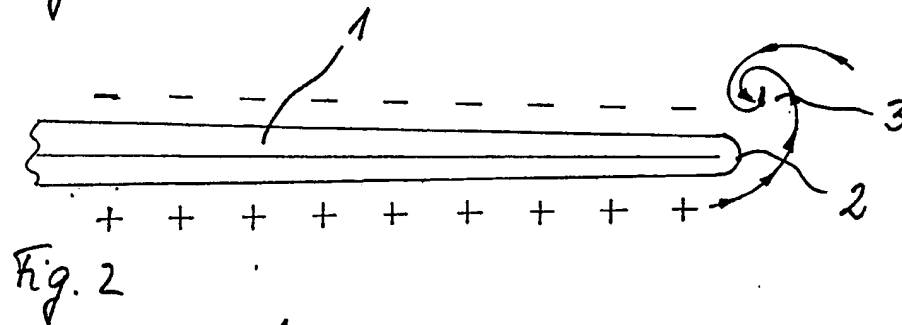
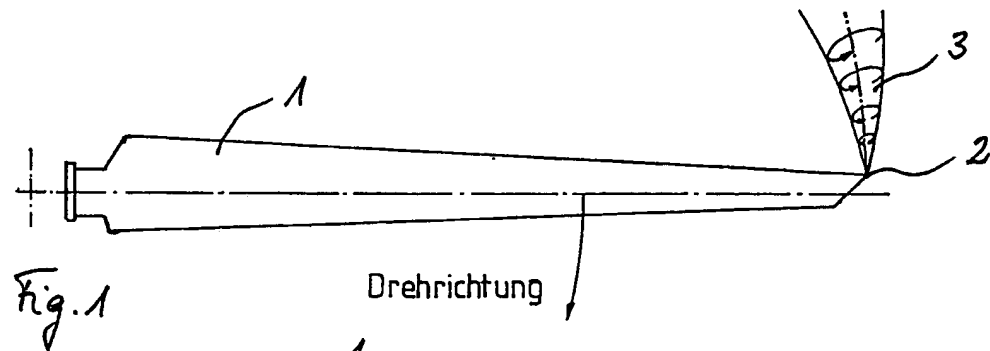
60

65

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:  
Int. Cl.<sup>8</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 44 40 741 A1  
C 08 G 64/20  
23. Mai 1996



602 021/52